

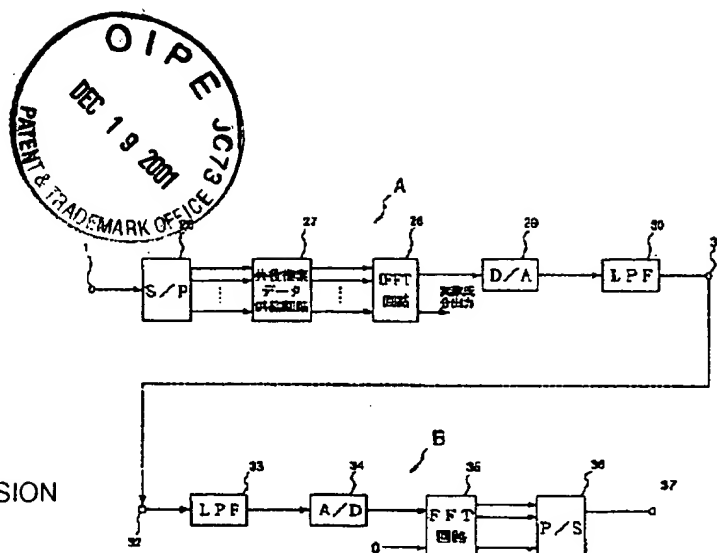
PUBLICATION NUMBER : 10107758  
 PUBLICATION DATE : 24-04-98  
 APPLICATION DATE : 30-09-96  
 APPLICATION NUMBER : 08278694

APPLICANT : TOYO COMMUN EQUIP CO LTD;

INVENTOR : YAMADA SHINJI;

INT.CL. : H04J 11/00

TITLE : ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION  
 MULTIPLEX  
 MODULATOR-DEMODULATOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To allow transmission and reception of an orthogonal frequency division multiplex(OFDM) modulation wave without provision of a special radio equipment by generating an OFDM modulation signal for a base band.

SOLUTION: Transmission data fed to an input terminal 1 at a transmitter side are given to an S/P conversion circuit 26, where the data are S/P-converted and a conjugate complex data supply circuit 27 generates data of  $k=N/2, (N/2)+1, \dots, N-1$ . The data are fed to an IFFT(inverse fast Fourier transform) circuit 28, in which fast discrete Fourier inverse transform is conducted. As a result, since digital data of the orthogonal frequency division multiplex(OFDM) modulation wave are outputted to a real component modulation output of the IFFT circuit 28, the data are D/A-converted by a D/A converter circuit 29, after a harmonic component is eliminated by an LPF 30, an OFDM modulation wave for a base band is outputted from an output terminal 31.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-107758

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 J 11/00

識別記号

F I

H 0 4 J 11/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-278694

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月30日

(71) 出願人 000003104

東洋通信機株式会社

神奈川県高座郡寒川町小谷2丁目1番1号

(72) 発明者 山田 紳治

神奈川県高座郡寒川町小谷2丁目1番1号

東洋通信機株式会社内

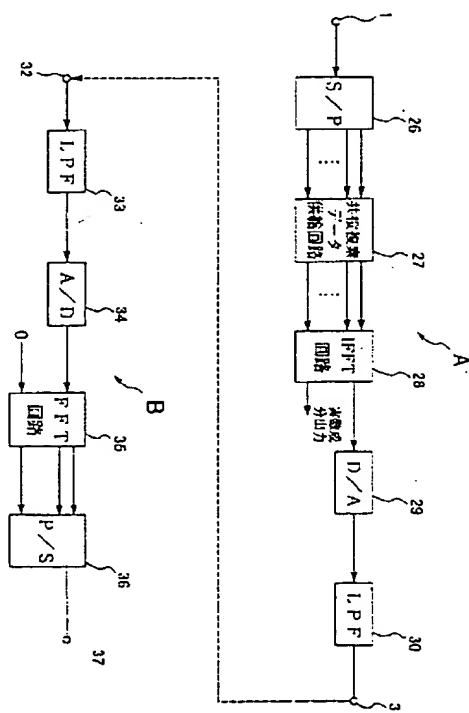
(74) 代理人 弁理士 鈴木 均

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重変復調器

(57) 【要約】

【課題】 ベースバンド帯域において直交周波数分割多重 (OFDM) 変調信号を生成することによって、従来の無線器を変更することなく OFDM 変調波を送受信することができる OFDM 変復調器を提供する。

【解決手段】 送信シンボル列を直列並列変換し、その直列並列変換されたそれぞれのシンボル列をそれぞれのサブチャネルキャリアに乘せる情報とし、その情報に IFFT を行うことにより OFDM 変調信号を生成する直交周波数分割多重 (OFDM) 変調器であって、N 点 IFFT の入力  $N/2$  から  $N-1$  までの入力として、 $0 \sim N/2-1$  の情報に共役複素な情報を入れて IFFT を行う手段と、この IFFT の演算結果の実数部のみを出力して OFDM 変調信号を生成する手段とを具備する構成となっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信シンボル列を直列並列変換し、その直列並列変換されたそれぞれのシンボル列をそれぞれのサブチャンネルキャリアに乗せる情報とし、その情報に高速フーリエ逆変換（IFFT）を行うことにより直交周波数分割多重（OFDM）変調信号を生成するOFDM変調器を有するOFDM変復調器であって、 $N$ 点IFFTの入力の $N/2$ から $N-1$ までの入力として、 $0 \sim N/2-1$ の情報に共役複素な情報を入れてIFFTを行う手段と、このIFFTの演算結果の実数部のみを出力してOFDM変調信号を生成する手段とを具備することを特徴とする直交周波数分割多重変復調器。

【請求項2】 OFDM変調信号に高速フーリエ変換（FFT）を行いそれぞれのサブチャンネルキャリアに乘せられている情報を取り出し、それぞれの情報からそれぞれのシンボルを復調し、そのシンボル列を並列直列変換し、OFDM復調器の受信シンボルとするOFDM復調器を有するOFDM変復調器であって、上記OFDM変調器によって生成されるOFDM変調信号をFFTの実数部入力とし、FFTの虚数部入力に0を入力し、FFTを行う手段を具備することを特徴とする請求項1に記載の直交周波数分割多重変復調器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、送信シンボル列をそれぞれのサブチャンネルキャリアに乗せる情報とし、その情報に高速フーリエ逆変換（IFFT）を行うことにより直交周波数分割多重（OFDM）変調信号を生成すると共に、そのOFDM変調信号に高速フーリエ変換（FFT）を行いそれぞれのサブキャリアに乘せられている情報を取り出し、それぞれの情報からそれぞれのシンボルを復調するOFDM変復調器に関し、特に、ベースバンド帯域においてOFDM変調信号を生成することによって、従来の無線器を変更することなくOFDM変調波を送受信することができるOFDM変復調器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、直交周波数分割多重（OFDM）変調は、周波数多重方式における複数の搬送波の位相を直交させたものであり、各搬送波に対応する変調波のスペクトルは重なりあっているが、直交条件が満足されるように重なりあっているため、受信側で完全に分離することが可能である。この直交の様子は、ちょうど時間領域における符号間干渉のないナイキスト条件と同じである。すなわち、ナイキスト条件が満たされれば、各パルスの応答波形は互いに重なりあっているものの、適切な標本化タイミングで信号を抽出することにより完全にパルス間で干渉のない受信が可能となる。上記直交条件を周波数領域で実現するようにしたものが、OFDM変調方式（直交周波数分割多重変調方式）である。これ

により、従来の周波数分割多重のように各変調波の間にスペクトル重なりを防ぐためのガード帯域を設ける必要がなくなり、高い周波数利用効率が達成される。また、上記OFDM変調は、複数の搬送波を利用するが、これらは直交関係になければならない。これを実現するため、OFDMの変復調回路には、フーリエ変換回路が用いられる。

【0003】このフーリエ変換回路は、一般にデジタル信号処理によるFFT（高速フーリエ変換）回路で実現することができ、搬送波の数はほぼ任意に設定可能である。すなわち、数100から数1000の搬送波を利用することが可能である。このため、各搬送波に割り当てられるデジタルデータのレートは数100分の1から数1000分の1になり、各搬送波は、非常に低速なレートで変調される。よって、各搬送波毎にみれば、変調シンボルレートが非常に低くなり、シンボル期間は長くなり、このため、通常のマルチパスは、ほとんど近接したマルチパスとみなすことができ、マルチパスの影響を大幅に軽減することができる。一方、OFDM復調ではFFT回路（高速フーリエ変換回路）を用いるが、FFT回路は有効シンボル期間の1シンボル期間のみを規定のクロックで正確に取り込みフーリエ変換演算することで各搬送波の位相および振幅情報を得ることができる。すなわち、これが復調動作となる。

【0004】従来このようなOFDM変復調動作を実現する直交周波数分割多重（OFDM）変復調器は、図3に示すような構成となっていた。すなわち、図3に示す様に、この従来のOFDM変復調器は、送信側の変調部分Cと受信側の復調部分Dとから成り、上記変調部分Cは、入力端子1に接続されたS/P変換回路（直列/並列変換回路）2と、上記S/P変換回路2に接続されたIFFT回路（高速フーリエ逆変換回路）3と、上記IFFT回路3にそれぞれ接続された第1および第2のD/A変換回路（デジタル/アナログ変換回路）4、5と、上記第1および第2のD/A変換回路4、5にそれぞれ接続された第1および第2のLPF（ローパスフィルタ）6、7と、上記第1および第2のLPF6、7にそれぞれ接続された第1および第2の混合回路8、9と、上記第2の混合回路9に接続された90°位相回路11と、上記第1の混合回路8および90°位相回路11に接続された局部発振回路10と、上記第1および第2の混合回路8、9に接続された加算回路12とを有している。そして、上記復調部分Dは、入力端子13に接続されたBPF（バンドパスフィルタ）14と、上記BPF14に接続された第3および第4の混合回路15、16と、上記第4の混合回路16に接続された90°位相回路18と、上記第3の混合回路15および90°位相回路18に接続された局部発振回路17と、上記第3および第4の混合回路15、16にそれぞれ接続された第3および第4のLPF（ローパスフィルタ）19、2

0と、上記第3および第4のLPF19、20に接続された第3および第4のA/D変換回路（アナログ／デジタル変換回路）21、22と、上記第3および第4のA/D変換回路21、22に接続されたFFT回路（高速フーリエ変換回路）23と、上記FFT回路23に接続されたP/S変換回路（並列／直列変換回路）24とを有している。

【0005】次に、図4の動作フローチャートを参照して上記従来のOFDM変復調器の動作について説明する。まず、送信側において、上記入力端子1へ入力される送信データ $C_k = a_k + j b_k$ は、上記S/P変換回路2によってS/P変換（直列／並列変換）され（図4（a）のステップ100）、上記S/P変換された送信

データ $C_k = a_k + j b_k$ は上記IFFT回路3へ入力され、高速フーリエ逆変換される（ステップ101）。上記IFFT回路3のI成分出力およびQ成分出力は、それぞれ上記第1および第2のD/A変換回路4、5へ入力され、D/A変換（デジタル／アナログ変換）される（ステップ102）。上記第1および第2のD/A変換回路4、5の出力は、それぞれ第1および第2のLPF6、7へ入力されてろ波され、ベースバンド信号I成分、ベースバンド信号Q成分として出力される（ステップ103）。ここで、上記ベースバンド信号I成分を $X_I(t)$ とすると、 $X_I(t)$ は次式で与えられる。

【0006】

【数1】

$$\begin{aligned} X_I(t) &= \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} \text{Re} [C_k e^{j2\pi f_k t}] \\ &= \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} [a_k \cos 2\pi f_k t + b_k \sin 2\pi f_k t] \end{aligned}$$

ただし、 $f_k$ はベースバンドにおける $k$ 番目の搬送波周波数である。そして、有効シンボル期間の長さを $t_s$ とすると、上記 $f_k$ は、 $f_k = k / t_s$

で与えられる。また、ベースバンド信号Q成分を $X_Q(t)$ とすると、 $X_Q(t)$ は、次式で与えられる。

【0007】

【数2】

$$\begin{aligned} X_Q(t) &= \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} \text{Im} [C_k e^{j2\pi f_k t}] \\ &= \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} [a_k \sin 2\pi f_k t + b_k \cos 2\pi f_k t] \end{aligned}$$

次に、上記ベースバンド信号I成分およびQ成分に対し、上記第1および第2の混合回路8、9よりなる直交変換回路によって、上記局部発振回路10から出力される局部発振信号と該局部発振信号を上記90°位相回路11で90°位相した信号がそれぞれ混合され（ステップ104）、その2つの信号を加算回路12によって加

算することによって、IF（またはRF）信号へ周波数変換する（ステップ105）。上記IF（またはRF）信号を $X_{IF}(t)$ とすると $X_{IF}(t)$ は次式で与えられる。

【0008】

【数3】

$$X_{IF}(t) = X_I(t) \cos 2\pi f_{IF} t - X_Q(t) \sin 2\pi f_{IF} t$$

$$= \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} [a_k \cos 2\pi (f_{IF} + f_k) t - b_k \sin 2\pi (f_{IF} + f_k) t]$$

そして、上記IF信号が送信機（図示省略）へ送られ、送信される。次に、受信側では、受信機（図示省略）により受信され上記入力端子13に供給されたIF（またはRF）帯域の変調信号に対し、上記BPF14により帯域外雑音が除去された後（図4（b）のステップ106）、上記第3および第4の混合回路15、16よりなる直交検波回路によって、上記局部発振回路17より出力される局部発振信号と該局部発振信号を上記90°位相回路18で90°位相した信号がそれぞれ混合される

ことにより、ベースバンド帯に変換される（ステップ107）。上記各混合回路15、16の出力は、それぞれ上記第3および第4のLPF19、20により高調波成分が除去された後、上記第3および第4のA/D変換回路21、22によってデジタルデータに変換される（ステップ108、109）。上記第3および第4のA/D変換回路21、22よりの出力データは複素デジタルデータであり、上記第3のA/D変換回路21の出力データがベースバンド信号I成分となり、上記第4のA/D

変換回路22の出力データがベースバンド信号Q成分となる。これら第1および第2のA/D変換回路21、22の出力データI、Qは、上記FFT回路23へ供給され、高速離散フーリエ変換され(ステップ110)、送信データである $c_k = a_k + j b_k$ が出力され、この出力された $c_k = a_k + j b_k$ データを上記P/S変換回路24でP→S変換することで、受信データが得られる(ステップ111)。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来の方式において、従来からある無線機を使ってOFDM信号を送受信することを考えると、まず、従来の無線機では、送信機の入力は普通一つしかなく、また、その入力の周波数帯は普通ベースバンドの帯域である。そこで、上記従来のOFDM変調波の発生方式では、IF(またはRF)の帯域になって初めてOFDM変調波となるため、上記従来の無線機にそのまま入力すると送信機の入力範囲を越えてしまい送信できなくなってしまう。従って、送信するには、従来ある無線機の入力周波数帯を変えるために改造を行うか、専用の送信機を使わなければならなかった。次に、図3に示した上記第1および第2のLPF6、7よりのベースバンド信号I成分とベースバンド信号Q成分は、従来の送信機の入力周波数範囲にあるが、I成分とQ成分というようにベースバンド信号が2波に分かれているので、普通一つの入力しかもたない従来の送信機へ2波同時に入力することができず、送信ができなかった。さらに、図3に示した加算回路12よりの出力が従来の無線機の入力周波数帯域を変えないようにするため、上記局部発振回路10の周波数を下げれば上記加算回路12の出力をそのまま無線機の入力として送信できる。しかし、このことは、結局、図3に示す様に2つのD/A変換回路4、5、LPF6、7、混合回路8、9、それに加えて1つの90°移相回路11と局部発振回路10が変調部分Cにおいて必要となることを意味する。また、この問題は上記復調部分Dにも当てはまる。以上のように、従来のOFDM変調波の発信方式では、従来からある無線機をそのまま使

ってOFDM変調波を送信することができない問題があった。また、従来からある無線機にそのまま入力できるように、図3に示した局部発振回路10の周波数を下げるとしても、回路規模が大きくなるという問題もあった。本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、ベースバンド帯域においてOFDM変調信号を生成することによって、従来の無線機を変更することなくOFDM変調波を送受信することができるOFDM変復調器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、送信シンボル列を直列並列変換し、その直列並列変換されたそれぞれのシンボル列をそれぞれのサブチャネルキャリアに乗せる情報とし、その情報に高速フーリエ逆変換(IFFT)を行うことにより直交周波数分割多重(OFDM)変調信号を生成するOFDM変調器において、N点IFFTの入力のN/2からN-1までの入力として、0～N/2-1の情報に共役複素な情報を入れてIFFTを行う手段と、このIFFTの演算結果の実数部のみを出力してOFDM変調信号を生成する手段とを具備することを特徴とする。本発明の他の特徴は、直交周波数分割多重(OFDM)変調信号に高速フーリエ変換(FFT)を行いそれぞれのサブチャネルキャリアに乗せられている情報を取り出し、それぞれの情報からそれぞれのシンボルを復調し、そのシンボル列を並列直列変換し、OFDM復調器の受信シンボルとするOFDM復調器において、上記OFDM変調器によって生成されるOFDM変調信号をFFTの実数部入力とし、FFTの虚数部入力に0を入力し、FFTを行う手段を具備することである。すなわち、本発明の変調器においては、OFDM変調波を発生させるためのN点IFFTの入力として $C_{N-k} = C_k^*$  ( $k=0, 1, \dots, (N/2)-1$ )の条件を満たすような入力へ変換すると、上記IFFTの出力の実数部は、次式で与えられる。

【0011】

【数4】

$$\begin{aligned} & \sum_{k=0}^{N/2-1} \operatorname{Re} [c_k e^{j2\pi f_k t}] \\ &= 2 \sum_{k=0}^{N/2-1} [a_k \cos 2\pi f_k t - b_k \sin 2\pi f_k t] \end{aligned}$$

また、IFFTの出力の虚数部は次式で与えられる。

【0012】

【数5】

$$\sum_{k=0}^{N/2-1} \operatorname{Im} [c_k e^{j2\pi f_k t}]$$

$$= 0$$

よって、上記IFFTの出力の実数部は、ベースバンド

におけるOFDM変調波となり、このまま従来の無線機へ入力して送信することができる。また、IFFTの出力の虚数成分は0であるので、出力する必要がなく、A

D変換回路、LPFは1つで済み、もちろん局部発振回路、90°移相回路も必要なくなる。一方、復調器においては、上記変調器において生成された変調波をOFDM変調波を復調するためのN点FFTの入力の実数部に入れ、N点FFTの入力の虚数部には0を入れ、FFTを行うことにより、OFDM変調波を復調できる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示した実施形態に基づいて説明する。図1は、本発明によるOFDM変復調器（直交周波数分割多重変復調器）の一実施形態を示す構成図である。図1に示す様に、このOFDM変復調器は、送信側の変調部分Aと受信側の復調部分Bとから成り、上記変調部分Aは、入力端子1に接続されたS/P変換回路（直列/並列変換回路）26と、上記S/P変換回路26に接続された共役複素データ供給回路27と、上記共役複素データ供給回路27に接続されたIFFT回路（高速フーリエ逆変換回路）28と、上記IFFT回路28の実数成分出力端子に接続されたD/A変換回路（デジタル/アナログ変換回路）29と、上記D/A変換回路29および出力端子31に接続されたLPF（ローパスフィルタ）30とを有している。そして、上記復調部分Bは、入力端子32に接続されたLPF（ローパスフィルタ）33と、上記LPF33に接続されたA/D変換回路（アナログ/デジタル変換回路）34と、上記A/D変換回路34にその実数部入力に接続されたFFT回路（高速フーリエ変換回路）35と、上記FFT回路35および出力端子37に接続されたP/S変換回路（並列/直列変換回路）36とを有している。次に、図2の動作フローチャートを参照して上記OFDM変復調器（直交周波数分割多重変復調器）の動作について説明する。

【0014】まず、送信側において、上記入力端子1に供給された $C_k = a_k + j b_k$  ( $k=0, 1, \dots, (N/2)-1$ ) 形式の送信データは、上記S/P変換回路26によりS/P変換（直列/並列変換）され（図2(a)のステップ200）、上記共役複素データ供給回路27で $C_k$  ( $k=0, 1, \dots, (N/2)-1$ ) のデータによる以下の式で与えられる変換によって、 $k=N/2, (N/2)+1, \dots, N-1$  のデータが生成される（ステップ201）。すなわち、上記ステップ201の処理は、N点IFFTの入力の $N/2$ から $N-1$ までの入力として、 $0 \sim N/2-1$  の情報に共役複素な情報を入れる処理といえる。上記共役複素データ供給回路27により生成された $C_k$  ( $k=0, 1, \dots, N-1$ ) のデータは上記IFFT回路28に供給され、高速離散フーリエ逆変換される（ステップ202）。

【0015】その結果、上記IFFT回路28の実数成

分出力には、OFDM変調波のデジタルデータが出力されるので、このデータを上記D/A変換回路29でD/A変換し（ステップ203）、上記LPF30により高調波成分を除去した後、出力端子31より、ベースバンド帯域のOFDM変調波として出力される（ステップ204）。そして、そのOFDM変調波は送信機（図示省略）より送信される。一方、復調側では、上記変調器によってベースバンド帯域に周波数変換されたOFDM変調波は、受信機（図示省略）を介して入力端子32に供給される。上記入力端子32に供給されたOFDM変調波は、上記LPF33によって高調波成分が除去された後、上記A/D変換回路34によって、デジタルデータに変換される（図2(b)のステップ205、206）。このA/D変換回路34の出力データは、上記FFT回路35の実数部入力へ入力され、上記FFT回路35の虚数部入力へは0が入力される。そして、上記FFT回路35の実数部に入力された信号は上記FFT回路35によって高速離散フーリエ変換され（ステップ207）、送信データである $C_k$  ( $k=0, 1, \dots, (N/2)-1$ ) が復調され、復調された送信データ $C_k$  ( $k=0, 1, \dots, (N/2)-1$ ) は、上記P/S変換回路36でP/S変換（並列/直列変換）され（ステップ208）、出力端子37より復調データが出力される。

【0016】なお、本発明は上述した実施形態に限らず以下のように変形することもできる。すなわち、変形例として、上記共役複素データ供給回路27を、以下の式で与えられる変換を行う回路とし、

$$C_k = C_k^* \quad (k=0, 1, \dots, (N/2)-1)$$

$$C_k = C_k \quad (k=0, 1, \dots, (N/2)-1)$$

次に、上記IFFT回路28をFFT回路（高速フーリエ変換回路）に置き換えることで上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0017】

【発明の効果】本発明は、以上説明した様に、OFDM変調波を発生させるためのN点IFFTの入力として $C_{n-k} = C_k^*$  ( $k=0, 1, \dots, (N/2)-1$ ) の条件を満たすような入力へ変換することにより、特別な無線機を用意することなく、また、従来の無線機を変更することなく、従来の無線機をそのまま使ってOFDM変調波を送受信することができる。また、さらに、従来のOFDM変復調器に比べて、アナログ回路部が減少し、回路の小型化、信頼性の向上をはかる上で効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるOFDM変復調器（直交周波数分割多重変復調器）の一実施形態を示す構成図である。

【図2】図1に示したOFDM変復調器の動作フローチャートであり、(a)は変調動作のフローチャート、(b)は復調動作のフローチャートである。

【図3】従来のOFDM変復調器の構成図である。

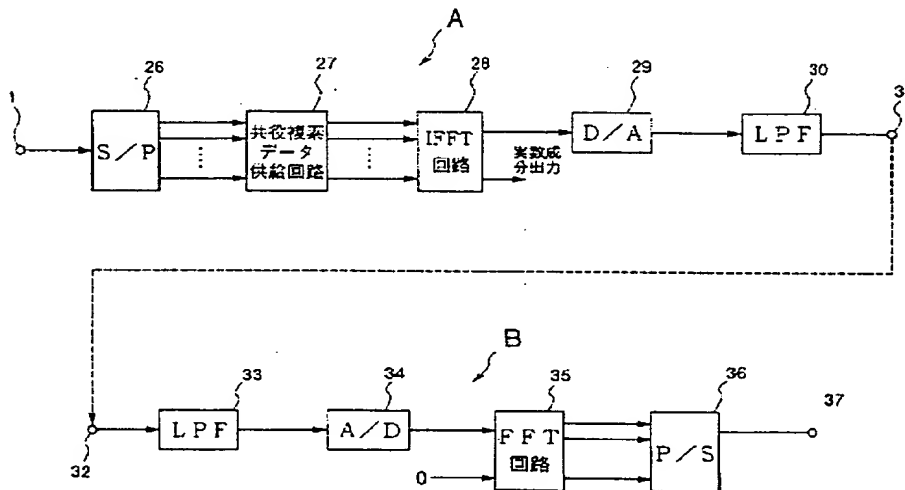
【図4】図3に示した従来のOFDM変復調器の動作フローチャートであり、(a)は変調動作のフローチャート、(b)は復調動作のフローチャートである。

【符号の説明】

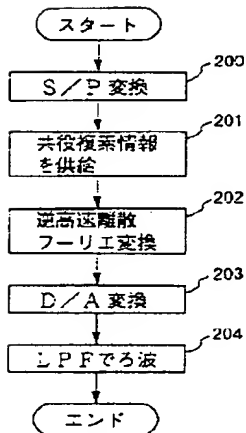
1、13、32…入力端子、2、26…S/P変換回路、3、28…IFFT回路（高速フーリエ逆変換回路）、4、5、29…D/A変換回路（デジタル/アナログ変換回路）、6、7、19、20、30、33…LPF（ローパスフィルタ）、8、9、1

5、16…混合回路、10、17…局部発振回路、11、18…90°移相回路、12…加算回路、14…BPF（バンドパスフィルタ）、21、22、34…A/D変換回路（アナログ/デジタル変換回路）、23、35…FFT回路（高速フーリエ変換回路）、24、36…P/S変換回路、25、31、37…出力端子、27…共役複素データ供給回路、

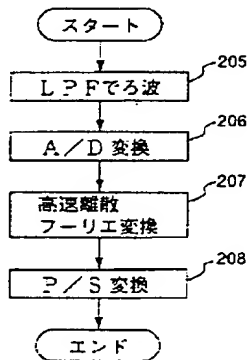
【図1】



【図2】

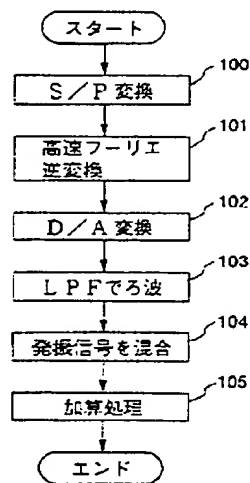


(a)

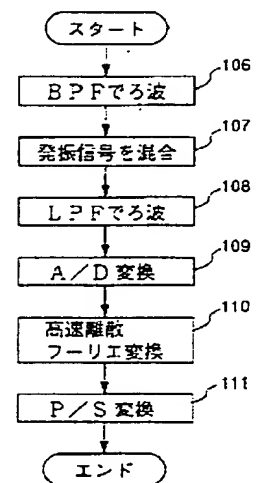


(b)

【図4】

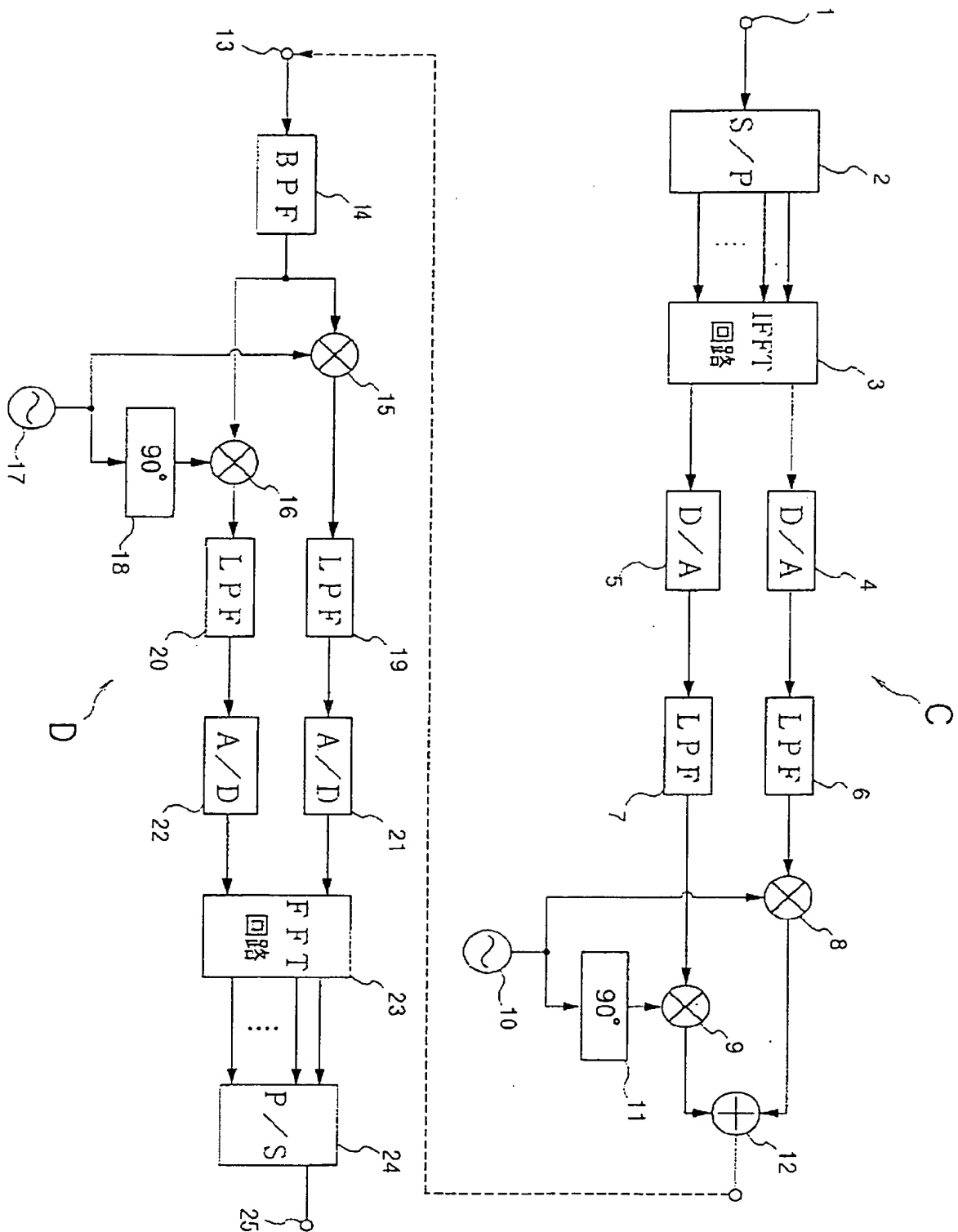


(a)



(b)

【図3】



**this Page Blank (uspto)**